

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Untersuchungen über den Einfluß von Rohöl auf Überlebensfähigkeit und Sauerstoffverbrauch von *Idotea baltica* und *Gammarus salinus*

VON ANITA PONAT

Zusammenfassung:

1. An *Gammarus salinus* und *Idotea baltica* wurde der Einfluß einer mehrstündigen Beschichtung mit Rohölen auf Überlebensfähigkeit und Atmung der Tiere untersucht.
2. Bei *Gammarus salinus* betrug die mittlere Überlebenszeit nach Überschichtung mit einer 0,1 mm dicken Ölschicht 1—2 Tage und nahm in folgender Reihe zu: Iran-Rohöl < Libyen-Rohöl < Venezuela-Rohöl. Der Kontrollwert betrug 31 Tage.
3. Bei *Idotea baltica* lag die mittlere Überlebenszeit bei 41 Tagen für Iran-Rohöl, 48 Tagen für Venezuela-Rohöl und 51 Tagen für Libyen-Rohöl. Der Kontrollwert betrug 56 Tage.
4. Der Sauerstoffverbrauch bei 15⁰/₀₀ S und 15°C sank durch die Überschichtung mit Rohöl aus dem Iran bei *Gammarus salinus* auf etwa 40% des Normalwertes, bei *Idotea baltica* auf etwa 70%.

Investigations on the influence of crude oil on survival and oxygen consumption of *Idotea baltica* and *Gammarus salinus* (Summary): The influence of crude oil from Venezuela, Libya and Iran was observed with respect to *Idotea baltica* and *Gammarus salinus*. Prior to the measurements the animals spread out on sand were exposed to a 0,1 mm layer of crude oil for four hours. After this period they were transferred back into sea water of 15⁰/₀₀ S and 15°C. The mean time of survival for *Gammarus salinus* varied between one and two days: Iran oil < Libya oil < Venezuela oil (control value: 31 days). *Idotea baltica* showed a greater resistance. The mean time of survival was 41 days for Iran oil, 48 days for Venezuela oil and 51 days for Libya oil (control value: 56 days). At 15⁰/₀₀ S and 15°C the oxygen consumption of *Gammarus salinus* was reduced owing to the influence of Iran crude oil down to 40% of the normal value, in *Idotea baltica* to 70%.

Einleitung

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Ölen und wasserlöslichen Ölfraktionen wurden bereits an verschiedenen Meerestieren durchgeführt (Literaturzusammenstellungen bei NELSON-SMITH, 1970; MOULDER and VARLEY, 1971). Als Kriterien für die Schädigung wurden die Überlebensfähigkeit, strukturelle Veränderungen, Verzögerung der Entwicklungsgeschwindigkeit und vermehrtes Auftreten von Mißbildungen gewählt. In den meisten Fällen beschränkten sich diese Beobachtungen auf die Wirkung einer über dem Wasser liegenden Ölschicht.

Häufig wird aber bei einer Ölkatastrophe Öl am Strand angespült. In einigen Arbeiten wurde auch der Einfluß dieses Ölfilms auf die Strandfauna untersucht (NORTH et al., 1964; SULLIVAN and RICHARDSON, 1967; NELSON-SMITH, 1968; COWELL, 1969). Auch in Häfen und in der Nähe von Ölraffinerien ist häufig eine dünne Ölschicht auf dem Wasser zu finden, die an den Strand gespült wird und die Fauna und Flora der Strandbiotope schädigen kann (DÜRKOPP, 1933; KÖNIG, 1968; BAKER, 1971). Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung eines direkten Kontaktes von Tieren und Algen mit Öl liegen bisher nur wenige vor (REMMERT, 1970; CRAPP, 1971; OTTWAY, 1971; SCHRAMM, 1972).

In dieser Arbeit soll an einigen Tieren des Flachwassers aus der westlichen Ostsee der Einfluß verschiedener Rohöle auf Überlebensfähigkeit und Atmung experimentell untersucht werden.

Material und Methoden

Für die Versuche wurden Tierarten ausgewählt, die sich auch in der Natur zeitweise außerhalb des Wassers aufhalten. DÜRKOPP (1933) beobachtete, daß *Idotea* und *Gammarus*-Arten in frischem Strandanwurf längere Zeit überleben können. Die Versuchstiere, *Gammarus salinus* und *Idotea baltica*, wurden in der Kieler Bucht (vor Surendorf) im flachen Wasser in Ufernähe gefangen und im temperaturkonstanten Raum bei 15°C gehalten. *Idotea* wurde mit *Laminaria* gefüttert, *Gammarus* mit *Enteromorpha* und Larven von *Artemia salina*.

a) Überlebensfähigkeit nach Ölverschmutzung

Die Versuchsbedingungen sollten so weit wie möglich den Verhältnissen in der Natur entsprechen, wo gelegentlich Öl am Strand angespült wird und nach dem Abfließen des Wassers auf dem Sand liegenbleibt. Um die Versuchstiere gleichmäßig mit Öl zu benetzen, wurde folgende Versuchsanordnung benutzt: In ein Sieb von 20 × 20 cm Grundfläche wurde eine Schicht Sand gegeben und das Sieb in eine größere Schale mit Seewasser von 15°C und 15⁰/₀₀ S gestellt. Nachdem die Versuchstiere in das Sieb gesetzt waren, wurde die Wasseroberfläche mit einer etwa 0,1 mm dicken Ölschicht bedeckt. Wie sich aus einigen Vorversuchen mit *Gammarus salinus* ergab, hatten dünnere Ölschichten keinen Einfluß auf die Überlebensdauer der Tiere. Durch langsames Herausheben des Siebes aus der Schale waren nach Abfließen des Wassers Sand und Tiere mit einer ziemlich gleichmäßigen Ölschicht bedeckt. Unter diesen Bedingungen wurden die Tiere dann 4 Stunden im temperaturkonstanten Raum bei 15°C gehalten. Nach dieser Zeit wurden sie in frisches Seewasser überführt und es wurde täglich die Anzahl der überlebenden Tiere ermittelt. Ein Kontrollversuch wurde mit Tieren durchgeführt, die 4 Stunden auf feuchtem Sand ohne Öl gehalten wurden, um den Einfluß des Trockenfallens festzustellen. Ferner wurde in einer weiteren Versuchsserie die Überlebensrate der Tiere unter Laborbedingungen bei 15°C und 15⁰/₀₀ S ermittelt. Das Trockenliegen allein hatte keinerlei Einfluß auf die Überlebenszeit der Tiere. Sie erreichten die gleichen Überlebenszeiten wie die ohne Trockenliegen ständig im Wasser gehaltenen Tiere (104 bzw. 106 Tage). Die gewählte Versuchstemperatur von 15°C entsprach etwa der Temperatur des Fundortes der Tiere in der Kieler Förde zu Beginn der Versuchsserie (Sept. 1971).

b) Sauerstoffverbrauch

Mit einer Sauerstoffelektrode (Fa. Beckman) wurde der Sauerstoffverbrauch der 4 Stunden mit Öl überschichteten Tiere und der Kontrolltiere fortlaufend registriert. Die Experimente wurden in der von THEEDE et al. (1972)* beschriebenen geschlossenen Versuchskammer durchgeführt. Um Meßfehler durch die Sauerstoffzehrung des Seewassers zu vermeiden, wurde das Wasser unmittelbar vor Versuchsbeginn filtriert. Damit ließ sich der Sauerstoffverbrauch des Wassers weitgehend reduzieren. In mehreren Kontrollversuchen zeigte sich, daß die durch das Wasser verbrauchte O₂-Menge während der ersten 6—7 Stunden sehr gering war. Da die Versuchszeit zwischen 5—7 Stunden lag, konnten die Werte bei der Berechnung des O₂-Verbrauchs vernachlässigt werden.

Der Sauerstoffverbrauch der Tiere wurde in Meerwasser von 15⁰/₀₀ S bei 15°C gemessen. Vor jedem Versuch wurde die Elektrode geeicht bzw. die Eichung überprüft. Die Einstellung des Nullpunktes erfolgte mit einer Natriumsulfatlösung. Der Sauerstoffgehalt des Versuchsmediums wurde vor Versuchsbeginn nach der Winklermethode bestimmt.

*) Die verwendete Apparatur wurde Herrn Doz. Dr. H. Theede aus Sachmitteln der DFG zur Verfügung gestellt.

Bei jedem Versuch wurden 10 möglichst gleich große Tiere untersucht. Nach dem 4-stündigen Trockenliegen auf veröltem Sand wurden die Tiere mit Seewasser abgespült, um lose anhaftendes Öl zu entfernen, und in das Versuchsgefäß gebracht. Der Sauerstoffgehalt des Versuchswassers wurde fortlaufend registriert. Nachdem aller Sauerstoff verbraucht war, wurden die Tiere aus dem Behälter herausgenommen und zwei Stunden bei 105°C getrocknet. Die mit Öl beschichteten Tiere wurden vor dem Trocknen kurz mit Chloroform abgespült, um anhaftende Ölreste zu entfernen. Das mittlere Trockengewicht betrug bei *Gammarus salinus* etwa 15 mg, bei *Idotea baltica* etwa 12 mg.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde der mittlere O_2 -Verbrauch der Tiere in Abhängigkeit von der Sättigung des Versuchswassers berechnet. Dabei wurden Mittelwerte für den Bereich von 100—90% Sättigung, 90—80%, 80—70% usw. ermittelt. Der Sauerstoffverbrauch wurde in ml O_2 /h/g Trockengewicht angegeben.

Ergebnisse

a) Überlebensfähigkeit nach Ölverschmutzung

Bei *Gammarus salinus* und *Idotea baltica* wurde zunächst die Überlebenszeit nach 4-stündigem Trockenliegen auf veröltem Sand untersucht. Dabei wurden die von KÜHNHOLD (1972) und SCHRAMM (1972) benutzten Ölsorten aus dem Iran, aus Libyen und aus Venezuela genommen.

Gammarus salinus zeigte eine hohe Empfindlichkeit gegen Ölverschmutzung. Unmittelbar nach der Überschichtung mit Öl krochen die Tiere auf dem Sand umher, was möglicherweise als „Fluchtreaktion“ zu deuten sein könnte, stellten aber bereits nach wenigen Minuten die Fortbewegung ein. Nach dem 4-stündigen Trockenliegen waren die Tiere von einer mehr oder weniger fest anhaftenden Ölschicht bedeckt. Möglicherweise waren sie dadurch in der Bewegung behindert und nach Rücküberführung in Seewasser von 15°C und 15 $\frac{0}{00}$ S wenig aktiv. Die meisten Tiere zeigten nur schwache Atembewegungen und geringe Bewegungen der Beine und waren nicht in der Lage zu schwimmen. Erst nach mehreren Tagen war ein Teil der Ölschicht abgestoßen und die Tiere begannen wieder umherzuschwimmen.

Die drei Ölsorten hatten zu Beginn des Versuchs deutlich verschiedene Wirkung auf die Überlebensfähigkeit der Tiere. Nach einem Tag ergab sich ein signifikanter Unterschied bei der Anzahl der überlebenden Tiere. 50% der Tiere starben bei Rohöl aus dem Iran bereits nach weniger als einem Tag, bei libyschem Rohöl innerhalb eines Tages und bei Venezuela-Rohöl innerhalb von zwei Tagen. Nach drei Tagen überlebten bei allen drei Rohölsorten nur noch etwa 25% der Tiere. Danach blieb die Anzahl der überlebenden Tiere bis etwa zum 20. Tag nach Versuchsbeginn ziemlich konstant. Nach 60 Tagen waren alle Tiere tot. Bei den Kontrolltieren lag die Mortalitätsrate von 50% bei 31 Tagen und von 100% bei 76 Tagen (vergl. Abb. 1).

Idotea baltica zeigte sich gegenüber dem Einfluß von Öl weniger empfindlich als *Gammarus salinus*. Auf dem veröltem Sand waren die Tiere ebenfalls nach kurzer Zeit inaktiv. Nach Rücküberführung ins Wasser schwammen sie wieder mit fast normaler Aktivität. Innerhalb kurzer Zeit war ein großer Teil des anhaftenden Öls abgespült. Die Überlebenszeit der Tiere wurde durch die Überschichtung mit Öl nur wenig verändert. 50% Mortalität der Tiere wurde, je nach Ölsorte, zwischen 41 und 51 Tagen festgestellt bei den Kontrolltieren nach 56 Tagen (vergl. Abb. 1).

Tafel 1 (zu A. PONAT)

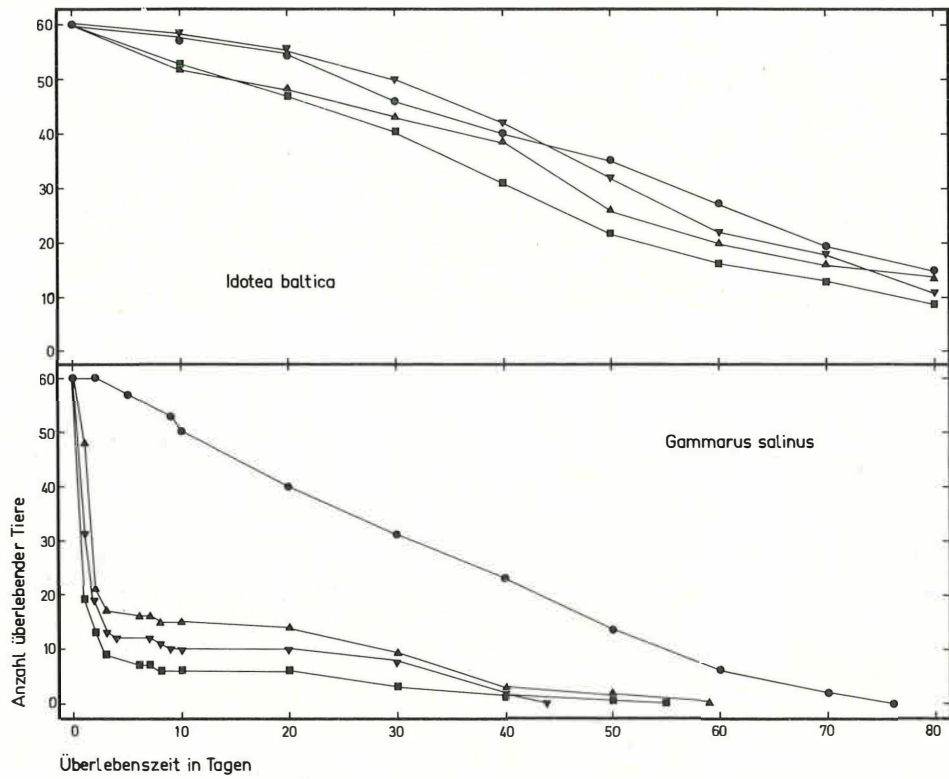


Abb. 1: Überlebensfähigkeit von *Gammarus salinus* und *Idotea baltica* bei 15°C in 15⁰/₀₀ S nach 4-stündiger Übersichtung mit verschiedenen Rohölsorten. Dicke der Ölschicht 0,1 mm
 □ Iran, △ Venezuela, ▽ Libyen, ○ Kontrolle ohne Öl

Tafel 2 (zu A. PONAT)

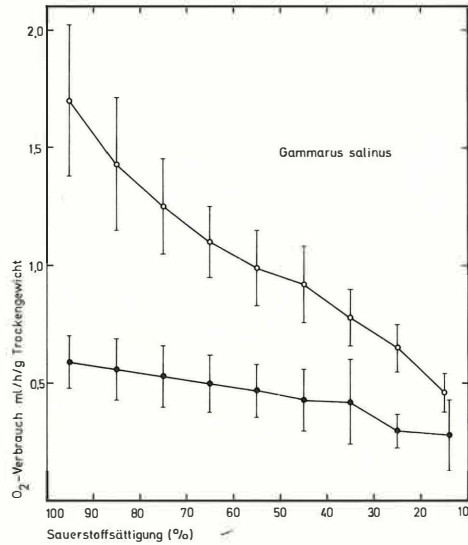


Abb. 2: Sauerstoffverbrauch von *Gammarus salinus* in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Außenmediums bei 15°C und 15⁰/100 S
 ○ nicht verölte Kontrolltiere
 ● 4 Stunden mit Iran-Rohöl beschichtete Tiere
 Dicke der Ölschicht 0,1 mm.
 Die Punkte geben den mittleren O_2 -Verbrauch für einen Bereich von jeweils 10% des Gesamtsauerstoffgehaltes an. Es sind Mittelwerte + Standardabweichung von 7 (○) bzw. 4 (●) Meßwerten.

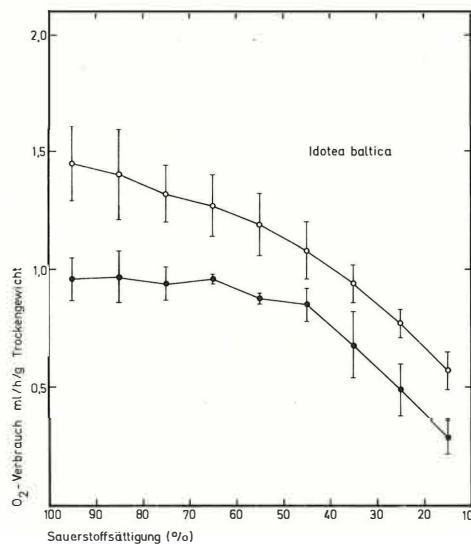


Abb. 3: Sauerstoffverbrauch von *Idotea baltica* in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Außenmediums.
 Weitere Einzelheiten wie in Abb. 2

b) Sauerstoffverbrauch

In weiteren Versuchsreihen wurde bei den beiden Tierarten der Einfluß des Rohöls auf die Atmungsintensität untersucht. Da zu vermuten war, daß die Atmung der Tiere jahreszeitliche Unterschiede aufwies, mußte der Versuchszeitraum so kurz wie möglich gehalten werden. Die Atmungsmessungen an *Gammarus salinus* wurden in den Monaten März und April 1972 durchgeführt, die an *Idotea baltica* im Juni und Juli 1972. Die Versuche wurden so angelegt, daß möglichst abwechselnd ein Kontrollversuch und ein Versuch mit verölten Tieren durchgeführt wurde. Dadurch traten mögliche jahreszeitliche Unterschiede sowohl bei den Kontrolltieren als auch bei den ölbeschichteten Tieren gleichmäßig auf und glichen sich bei der Berechnung der Mittelwerte aus. Bereits bei den ersten Versuchen zeigte sich, daß bei *Gammarus salinus* der Unterschied im Sauerstoffverbrauch zwischen den mit Iran-Rohöl und den mit Venezuela-Rohöl beschichteten Tieren sehr gering war. Deshalb wurde auf die Untersuchung aller drei Ölsorten verzichtet und die Versuche an *Idotea baltica* nur mit Iranöl durchgeführt.

Der Sauerstoffverbrauch von *Gammarus salinus* verringerte sich durch den Einfluß des Iran-Rohöls bei O_2 -Sättigung auf etwa ein Drittel des Normalwertes, bei geringeren O_2 -Gehalten auf etwa die Hälfte (Abb. 2). Kontrolltiere, die 4 Stunden auf feuchtem Sand gehalten wurden, zeigten einen weitgehend mit den Normalwerten übereinstimmenden Sauerstoffverbrauch (Tab. 1).

Tabelle 1

Sauerstoffverbrauch von *Gammarus salinus* in 15⁰/₀₀ S bei 15°C. Vorbehandlung der Tiere: 4 Stunden Trockenliegen auf feuchtem Sand bzw. 4-stündige Überschichtung mit Rohöl und anschließende Rücküberführung in Meerwasser

Sauerstoffsättigung des Versuchswassers in %	Sauerstoffverbrauch in ml O_2 /h/g Trockengewicht			
	Kontrollwert	nach 4 Std. auf feuchtem Sand	Iran Öl	Venezuela Öl
100—90	1,701	1,671	0,587	0,642
90—80	1,426	1,559	0,565	0,679
80—70	1,253	1,313	0,533	0,606
70—60	1,098	1,220	0,502	0,466
60—50	0,992	1,021	0,471	0,399
50—40	0,916	0,899	0,431	0,344
40—30	0,784	0,723	0,424	0,295
30—20	0,648	0,637	0,305	0,309
20—10	0,458	0,382	0,279	0,310

Die verminderte Stoffwechselaktivität ist also allein durch die Wirkung des Öls bedingt. Die Atmungsintensität wird offenbar durch das Trockenliegen auf feuchtem Sand nicht beeinflusst.

Idotea baltica zeigte ebenso wie bei den Resistenzversuchen auch in Bezug auf den Sauerstoffverbrauch eine geringere Empfindlichkeit gegen Rohöl. Der Sauerstoffverbrauch betrug etwa 70% des Normalwertes, sowohl bei hohen als auch bei verringerten O_2 -Spannungen (Abb. 3)

Diskussion

Die Experimente zeigen, daß die beiden Tierarten eine recht unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Beschichtung mit Rohöl haben. Diese verschiedene Reaktion einzelner Tierarten auf Öl bewirkt eine Verschiebung des biologischen Gleichgewichtes innerhalb einer Biozönose. Bei Tieren, die gegen Kontakt mit Öl relativ unempfindlich sind, können indirekt Schäden durch Öleinwirkung auftreten. Durch die Vernichtung der als Fischnährtiere wichtigen Gammarusarten kann Nahrungsmangel bei Fischen verursacht werden.

Über die Art, der durch Öl bedingten Schädigung läßt sich aufgrund dieser Untersuchungen nur wenig aussagen. Es kann sich sowohl um eine toxische Wirkung durch lösliche Ölfraktionen, eine Herabsetzung der O_2 -Diffusionsrate als auch um eine Verringerung der mechanischen Aktivität der Tiere durch Ölbenetzung handeln. Letztere scheint aber bei Gammarus weniger entscheidend zu sein. Einige Kontrollversuche, bei denen die Tiere statt mit Rohöl mit reinem Paraffin überschichtet wurden, ergaben bei Gammarus nur eine Abnahme der Atmung auf etwa 80% des Normalwertes. Bei Überschichtung mit Rohöl sank der Sauerstoffverbrauch dagegen auf etwa 40% des Kontrollwertes. Dieser Unterschied der Atmungsintensität zwischen ölbeschichteten Tieren und den Kontrolltieren ist nicht damit zu erklären, daß im ersten Fall der Ruhestoffwechsel, bei den Kontrolltieren dagegen der Aktivitätsstoffwechsel gemessen wurde. Auch die nicht durch Öl oder Paraffin in der Bewegung behinderten Tiere bewegten sich in der relativ engen Kammer kaum. Schwimmen wurde nicht beobachtet sondern nur gelegentlich langsames Umherkriechen. *Idotea baltica* reagierte auf Iran-Rohöl, das einen hohen Anteil an toxischen Substanzen hat, am empfindlichsten. Das libysche Rohöl mit einem geringen Gehalt an giftigen Bestandteilen und einem größeren Anteil an wenig gasdurchlässigen aber ungiftigen paraffinischen Wachsen war am wenigsten schädlich für die Tiere. Demnach scheinen die toxischen Wirkungen des Rohöls entscheidender zu sein. Für die Annahme sprechen auch Untersuchungen von RUSHTON und JEE (1923), die bei *Gammarus pulex* eine narkotisierende Wirkung des Öls feststellten. Eine hohe Empfindlichkeit der Gammariden gegen Öl zeigt sich nach Beobachtungen von McCauley (1966) darin, daß Gammarusarten aus ölverschmutzten Gewässern verschwinden. Genauerer Aufschluß über eine mögliche toxische Wirkung des Rohöls auf die untersuchten Tierarten können aber erst weitere Versuche mit einzelnen Ölfraktionen geben.

Literaturverzeichnis

- BAKER, J. M. (1971): Refinery Effluent. In: The ecological effects of oil pollution on littoral communities, pp 33—43, Ed. by E. B. COWELL. Elsevier Publishing Co. Ltd., Amsterdam, London, New York.
- COWELL, E. B. (1969): Effects of Oil pollution on Salt Marsh Communities in Pembrokeshire and Cornwall. *J. appl. Ecol.* 6, 133—142.
- CRAPP, B. B. (1971): The ecological effects of stranded oil. In: The ecological effects of oil pollution on littoral communities, pp 181—186. Ed. by E. B. COWELL. Elsevier, Publishing Co, Ltd, Amsterdam, London, New York.
- DÜRKOP, H. (1933): Die Tierwelt der Anwurfzone der Kieler Förde. *Schr. Nat. Verein Schl. Holstein*, 20, 480—540.
- KÖNIG, D. (1968): Biologische Wirkungen des Abwassers einer Öl-Raffinerie in einem Vorlandgebiet an der Nordsee. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 17, 321—334.

- KÜHNHOLD, W. W. (1969): Der Einfluß wasserlöslicher Bestandteile von Rohölen und Rohölfractionen auf die Entwicklung von Heringsbrut. — Ber. Deutsche Wiss. Komm. f. Meeresf., **20**, 165—171.
- McCAULEY, R. N. (1966): The biological effects of oil pollution in a river. — Limnol. Oceanogr., **11**, 475—486.
- MOULDER, D. S. and VARLEY, A. (1971): A Bibliography on Marine and Estuarine Oil Pollution. The laboratory of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth, 129 pp.
- NELSON-SMITH, A. (1968): Biological consequences of oil pollution and shore cleansing. In: The biological effects of oil pollution on littoral communities. — Fld. Stud. **2** (suppl.), 73—80.
- NELSON-SMITH, A. (1970): The Problem of oil pollution of the sea. In: Advances in marine biology, pp 215—316. — Ed. by F. S. RUSSEL and M. YONGE. London, New York, Academic Press.
- NORTH, W. J., M. NEUSHUL and K. A. CLENDENNING (1964): Successive biological changes observed in a marine cove exposed to a large spillage of mineral oil. — Symp. Pollut. mar. Micro-org. Prod. pétrol., Monaco, 335—354.
- O'SULLIVAN, A. J. and RICHARDSON, A. J. (1967): The effects of the oil on intertidal marine life. Journ. of the Devon Trust for Nature conservation (suppl.), 34—38.
- OTTWAY, S. (1971): The comparative Toxicities of crude oils. In: The ecological effects of oil pollution on littoral communities, pp. 172—180. Ed. by E. B. COWELL. — Elsevier Publishing Co. Ltd, Amsterdam, London, New York.
- REMMERT, H. (1970): Über die Wirkung industrieller Abwässer auf Tiere des marinen Supralitorals. — Oecologia **5**, 158—164.
- RUSHTON, W. and E. C. JEE (1923): Fuel oil and aquatic life. — Salm Trout Mag. **31**, 89—95.
- SCHRAMM, W. (1972): Untersuchungen über den Einfluß von Ölförmigen Verschmutzungen auf Meeresalgen. I. Die Wirkung von Rohölfilmen auf den CO₂-Gaswechsel außerhalb des Wassers. Mar. Biol. **14**, 189—198.
- THEEDE, H., J. SCHAUDINN and F. SAFFÉ (1972): Ecophysiological studies on four Nereis species of the Kiel Bay. — Oikos, Suppl. **14**, 1—7.